



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Gebrauchsmusterschrift
10 DE 299 11 122 U 1

51 Int. Cl.⁶:
G 03 F 7/20
B 29 C 67/00
B 29 C 35/08

21	Aktenzeichen:	299 11 122.9
22	Anmeldetag:	25. 6. 99
47	Eintragungstag:	30. 9. 99
43	Bekanntmachung im Patentblatt:	4. 11. 99

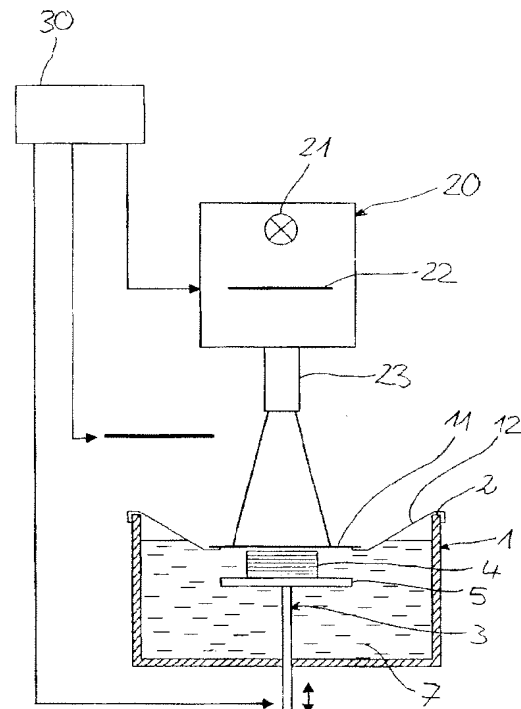
DE 299 11 122 U 1

73 Inhaber:
HAP Handhabungs-, Automatisierungs- und
Präzisionstechnik GmbH, 01217 Dresden, DE; SITEC
Industrietechnologie GmbH, 09114 Chemnitz, DE;
DeltaMed Medizinprodukte GmbH, 64546
Mörfelden-Walldorf, DE

74 Vertreter:
Prüfer und Kollegen, 81545 München

54 Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes

57 Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen
Objektes durch schichtweises Verfestigen eines unter Ein-
wirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren
Materials an dem Querschnitt des Objektes entsprechen-
den Stellen in jeder Schicht,
mit einem Behälter (1) zur Aufnahme des Materiales (7),
einem in dem Behälter angeordneten Träger (3, 5) zum
Tragen des zu bildenden Objektes (6),
einer Vorrichtung (21) zur Erzeugung der elektromagneti-
schen Strahlung, und
einer Vorrichtung (22) zum Erzeugen einer Maske zum
Hindurchlassen der elektromagnetischen Strahlung auf
die zu bestrahlende Schicht an den dem Querschnitt des
Objektes in der Schicht entsprechenden Stellen, die in Ab-
hängigkeit von dem Querschnitt des Objektes in der je-
weiligen Schicht bestimmenden Daten selektiv ansteuer-
bar ist,
gekennzeichnet durch
eine in dem Behälter oberhalb des Trägers angeordnete
für die elektromagnetische Strahlung transparente Platte
(11).



DE 299 11 122 U 1

25.06.99

PRÜFER

PRÜFER & PARTNER GbR · PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT ATTORNEYS

ZZ 117-13523.9
P/DH/ol/ah

HAP Handhabungs-, Automatisierungs- und
Präzisionstechnik GmbH, 01217 Dresden

SITEC Industrietechnologie, 09114 Chemnitz

DeltaMed GmbH, 61169 Friedberg

Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Schutzanspruchs 1.

Eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes mittels Stereolithographie ist aus der DE 41 25 534 A1 bekannt. Bei der Stereolithographie wird ein dreidimensionales Objekt durch schichtweises selektives Verfestigen eines unter Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren flüssigen lichtaushärtbaren Polymers an jeweiligen dem Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen erzeugt. Die selektive Verfestigung des Polymers in jeder Schicht erfolgt durch Ablenkung eines Laserstrahles an die dem Querschnitt des Objektes in der jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen. Bei der bekannten Vorrichtung erfolgt die Bestrahlung der Schicht durch eine über einem Polymerbad angeordnete Glasplatte hindurch.

25.06.99

Die Strukturauflösung bei stereolithographisch hergestellten Objekten ist jedoch beschränkt. Bei dem Verfahren der Mikro-Photoverfestigung wird anstelle eines Laserstrahles eine ausge-dehnte Lichtquelle verwendet und die selektive Verfestigung ent-sprechend dem Querschnitt der Schicht erfolgt über eine digital ansteuerbare Maske in Form einer Transmissions-Flüssig-kristallplatte. Das Verfahren der Mikro-Photoverfestigung ermög-licht eine höhere Strukturauflösung durch eine verkleinernde Projektion der Belichtungsmaske auf die Polymeroberfläche. Die höhere Strukturauflösung bei dem Maskenverfahren stellt höhere Anforderungen an die Ebenheit der flüssigen zu verfestigenden Polymerschicht.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine verbesserte Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes unter Verwendung einer Maske bereitzustellen, mit der Objekte mit höherer Struk-turauflösung hergestellt werden können.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung nach Schutzan-spruch 1. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprü-chen angegeben.

Weitere Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung eines Ausführungsbeispieles anhand der Fi-guren.

Von den Figuren zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht der Vor-
richtung;
- Fig. 2 eine perspektivische Ansicht der Vorrichtung;
- Fig. 3 eine perspektivische Ansicht des das Polymerbad
betreffenden Teiles der Vorrichtung;
- Fig. 4a eine Schnittansicht einer transparenten Platte
über dem Polymerbad;

25.06.99

- Fig. 4b eine Draufsicht auf die transparente Platte von
Fig. 4a; und
Fig. 5 eine Detailansicht der Vorrichtung.

Wie aus den Figuren 1 bis 3 ersichtlich ist, weist die Vorrichtung einen an seiner Oberseite offenen Behälter 1 mit einem oberen Rand 2 auf. In dem Behälter ist ein Träger 3 zum Tragen eines zu bildenden Objektes 4 mit einer im wesentlichen ebenen und horizontal ausgerichteten Bauplattform 5 angeordnet, die mittels einer Höheneinstellvorrichtung 6 in dem Behälter 1 auf und ab verschoben und positioniert werden kann. Die Bauplattform 5 weist einen kreisförmigen Querschnitt auf. Bevorzugt ist auf der Bauplattform eine Kunststoffplatte aus Kunststoffmaterial abnehmbar befestigt, die es erlaubt, daß das Objekt 4 nach seiner Fertigstellung mitsamt der Kunststoffplatte entfernt werden kann und anschließend nur noch von der Kunststoffplatte gelöst werden muß. Der gesamte Behälter 1 ist bis zu einem Niveau bzw. einer Oberfläche unterhalb des oberen Randes 2 mit einem lichtaushärtbaren flüssigen Kunststoff 6 gefüllt. Wie insbesondere aus den Figuren 2 und 3 ersichtlich ist, ist der Behälter 1 auf einer Platte 8 befestigt, die in einem mit einer Tür 9 verschließbaren Gehäuse 10 angeordnet ist und die bei geöffneter Tür 9 mit dem darauf befindlichen Behälter 1 zum Befüllen des Behälters bzw. zum Entnehmen des fertigen Objektes herausziehbar und wieder hineinschiebbar ist. Die Tür 9 ist aus einem Material befestigt, das für sichtbares Licht im wesentlichen undurchlässig ist, beispielsweise aus dunkel getöntem Glas.

In einem vorbestimmten Abstand unterhalb des oberen Randes 2 des Behälters 1 ist eine ebene Platte 11 aus einem für sichtbares Licht transparentem Material, beispielsweise aus weißem Glas, vorgesehen, die über eine Halterung 12 an zwei auf der Platte 8 an zwei gegenüberliegenden Seiten des Behälters vorgesehenen Rahmenteilen 13 befestigt ist. Die Rahmenteile 13 sind an ihrer der Platte 8 abgewandten Seite als Schienen 14 ausgebildet, auf denen die Halterung 12 über einen Antrieb 15 über dem Behälter 1

25.08.99

verschiebbar und an einer gewünschten Position über der Bauplattform 5 positionierbar ist. Die transparente Platte 11 ist in dem in den Figuren 2 bis 4b gezeigten Ausführungsbeispiel rechteckig ausgebildet, wobei die lange Seite des Rechteckes im wesentlichen dem Durchmesser der Bauplattform entspricht und die kurze Seite kleiner als der Durchmesser der Bauplattform 5 ist. Wie aus Fig. 4a ersichtlich ist, weist die Halterung 12 ein erstes Element 12a auf, in dem die transparente Platte 11 gehalten ist, und ein zweites Element 12b, das auf den Schienen 14 ruht. Das erste Element 12a ist über Positionierstifte 16 in das zweite Element 12b einsetzbar und über eine Justiereinrichtung in Form von Justierschrauben 17 in seiner Höhe und Neigung relativ zu dem ersten Element 12a justierbar. Die Justiereinrichtung erlaubt die präzise Ausrichtung der transparenten Platte senkrecht zur optischen Achse einer weiter unten beschriebenen Belichtungseinrichtung. Ferner ist über die Justiereinrichtung auch die Ausrichtung der transparenten Platte 11 relativ zu der Oberseite der Bauplattform 5 in dem Behälter derart einstellbar, daß die transparente Platte 11 parallel zu der Oberseite der Bauplattform 5 ausgerichtet werden kann. Die Dimensionen der Halterung 12 sind so gewählt, daß die Platte in das flüssige Kunststoffmaterial 7 eintaucht, wenn der Behälter bis nahe seinem oberen Rand 2 mit dem flüssigen Kunststoffmaterial 7 gefüllt ist. An ihrer der Oberseite der Bauplattform 5 zugewandten Unterseite ist die transparente Platte 11 mit einem Material beschichtet, an dem das Kunststoffmaterial 7, wenn es durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigt ist, nicht anhaftet.

Oberhalb des Behälters 1 ist eine Belichtungseinrichtung 20 in Form eines an sich bekannten LCD-Projektors (Flüssigkristall-Display-Projektors) vorgesehen. Die Belichtungseinrichtung 20 weist eine Lichtquelle 21 zur Erzeugung von sichtbarem Licht, beispielsweise in Form einer Halogenlampe, auf sowie eine zwischen der Lichtquelle 21 und dem Behälter 1 angeordnete Maskenerzeugungseinrichtung 22 in Form eines Flüssigkristall(LC)-

25.06.99

Displays bzw. einer Flüssigkristallplatte. Zwischen der Lichtquelle und des LC-Displays ist eine nicht dargestellte Projektionsoptik vorgesehen, um eine homogene Ausleuchtung des LC-Displays zu erhalten. Das LC-Display ist als Transmissions-LC-Display mit hoher Auflösung, beispielsweise 800x600 Pixel, ausgebildet, welches in Abhängigkeit von Daten, die den Querschnitt des zu bildenden Objektes in der jeweiligen Schicht definieren, derart ansteuerbar ist, daß es das von der Lichtquelle 21 ausgesandte Licht an den dem Querschnitt des zu bildenden Objektes in einer jeweiligen Schicht entsprechenden Stellen hindurchläßt und an den übrigen Stellen lichtundurchlässig ist. Das LC-Display bildet somit eine Maske für die Belichtung in der jeweiligen Schicht. Die Belichtungseinrichtung weist ferner eine zwischen dem LC-Display 22 und dem Behälter 1 angeordnete Optik 23 zum verkleinerten bzw. vergrößerten Abbilden der durch das LC-Display erzeugten Maske auf die transparente Platte 11 auf. Bevorzugt ist die Optik 23 als Verkleinerungsoptik mit einstellbarer Verkleinerung ausgebildet, die es ermöglicht, durch verkleinerte Abbildung der Maske eine hohe Strukturauflösung zu erhalten. Die gesamte Belichtungseinrichtung 20 ist in einem auf dem Gehäuse 10 angeordneten Rahmen 24 vorgesehen und das Gehäuse 10 weist an seiner der Belichtungseinrichtung zugewandten Seite eine Öffnung zum Hindurchlassen des von der Belichtungseinrichtung kommenden Lichtes in den Raum, in dem sich der Behälter befindet, auf. Die Anordnung der Belichtungseinrichtung 20 und der transparenten Platte 11 relativ zueinander ist so, daß die Brennebene der Optik 23 mit der Unterseite der transparenten Platte 11 zusammenfällt, so daß dort eine scharfe Abbildung erzeugt wird.

Wie aus den Figuren 1 und 5 ersichtlich ist, ist in dem Strahlengang zwischen der Belichtungseinrichtung 20 und dem Behälter 1 eine Abschattungseinrichtung in Form einer Blende 25 zum Abblenden des Lichtes vorgesehen. Die Blende 25 ist über einen auf einer Welle drehbar gelagerten Arm 26 in den Strahlengang hinein und wieder herausschwenkbar.

25.08.99

Es ist ferner eine Steuerung 30 mit einem Computer vorgesehen, die so ausgebildet ist, daß sie die Maskenerzeugungseinrichtung 22 in der Belichtungseinrichtung 20, die Höheneinstellvorrichtung 6 und die Blende 25 zentral und in Abhängigkeit von einem von den Objektdaten abhängigen Bauprogramm steuert. Die Steuerung 30 ist derart ausgebildet, daß sie in Abhängigkeit von den Daten, die jeweils den Querschnitt des zu bildenden Objektes in einer Schicht kennzeichnen, die Maskenerzeugungseinrichtung 22 ansteuert. Ferner ist die Steuerung 30 so ausgebildet, daß die Bauplattform 5 schrittweise um das einer Schichtdicke entsprechende Maß relativ zu der Unterseite der transparenten Platte 11 absenkbar ist. Ferner ist die Steuerung so ausgebildet, daß die Blende 25 in den Strahlengang eingeschwenkt wird, wenn keine Belichtung der Oberfläche des Kunststoffes stattfinden soll bzw. daß die Blende 25 aus dem Strahlengang herausgeschwenkt wird, bevor die Belichtung einer Schicht beginnt.

Im Betrieb wird in einem ersten Schritt der Behälter 1 mit dem flüssigen Kunststoff 7 gefüllt. Als Kunststoff wird ein Polymer verwendet, welches unter Einwirkung von sichtbarem Licht aushärtet. Die transparente Platte 11 wird so justiert, daß sie horizontal an einer vorgegebenen Stelle über der Bauplattform 5 und parallel zu dieser angeordnet ist. In einem zweiten Schritt wird über die Höheneinstellvorrichtung 6 der Träger derart verschoben, daß sich die Oberfläche der Bauplattform 5 um das der gewünschten Schichtdicke entsprechende Maß unterhalb der Unterseite der transparenten Platte 11 befindet. Damit befindet sich zwischen der Oberseite der Bauplattform 5 und der Unterseite der transparenten Platte 11 eine Schicht des flüssigen lichtaushärtbaren Kunststoffes. Anschließend wird die Belichtungseinrichtung 20 betätigt. Das LC-Display 22 wird über die Steuerung 30 entsprechend den der ersten zu verfestigenden Schicht des Objektes entsprechenden Daten angesteuert, so daß das LC-Display eine Maske bildet, die das von der Lichtquelle 2 ausgesandte Licht an den Stellen hindurchläßt, die dem Querschnitt des Objektes in

25.06.99

7

dieser Schicht entsprechen und an den übrigen Stellen undurchlässig ist. Durch das mittels der Optik 23 auf die transparente Platte 11 projizierte Bild der Maske erfolgt eine Bestrahlung der unterhalb der transparenten Platte 11 befindlichen Schicht des flüssigen Kunststoffmaterials lediglich an den Stellen, die dem Bild entsprechen. Nach der Belichtung einer Schicht wird die Blende 25 in den Strahlengang geschwenkt, um zu verhindern, daß während der Einstellung der nächsten Schicht Licht auf das Kunststoffmaterial in dem Behälter fällt und dieses an nicht gewünschten Stellen verfestigt wird. Anschließend wird die Bauplattform 5 um das einer Schichtdicke entsprechende Maß abgesenkt, was leicht möglich ist, da aufgrund der Beschichtung der transparenten Platte der verfestigte Kunststoff nicht an der transparenten Platte anhaftet. Beim Absenken der Bauplattform 5 entsteht zwischen der fest angeordneten transparenten Platte 11 und der letzten belichteten und damit ausgehärteten Schicht ein Unterdruck, der dafür sorgt, das Kunststoffmaterial in den so erzeugten Zwischenraum zwischen der transparenten Platte 11 und der zuletzt verfestigten Schicht nachfließt. Durch die Parallelität zwischen der transparenten Platte 11 und der Oberseite der Bauplattform 5 läßt sich eine Schicht mit über den zu verfestigenden Bereich äußerst präziser und gleichmäßiger Dicke erzeugen, die den Anforderungen an die Strukturauflösung für das Objekt gerecht wird. Nach Einstellung der neuen Schicht wird wiederum die Maske für die Belichtung dieser Schicht in dem LC-Display erzeugt und die Blende 25 aus dem Strahlengang herausgeschwenkt. Es erfolgt eine neue Belichtung und die oben beschriebenen Schritte des Absenkens und Belichtens werden anschließend so oft wiederholt, bis das Objekt fertiggestellt ist.

Durch die Verkleinerungsoptik 23 und die präzise Einstellung der Schichtdicke aufgrund der Belichtung durch die transparente Platte 11 hindurch ist es möglich, höchste Strukturauflösungen zu erhalten. Damit lassen sich insbesondere Objekte mit Abmessungen im Millimeterbereich oder darunter präzise herstellen.

In einer alternativen Ausführungsform weist der Behälter einen Zulauf und einen Ablauf auf und kann als Durchflußbehälter betrieben werden, d.h. es ist möglich, während des Bauprozesses den flüssigen Kunststoff zu wechseln. In einer alternativen Ausführungsform wird als Maskenerzeugungseinrichtung nicht ein LC-Display verwendet, sondern ein digital angesteuertes Spiegelsystem (Digital Mirror Display). Weitere Ausführungsformen sind ebenfalls möglich. So kann die Bauplattform einen beliebigen Querschnitt haben und der Querschnitt der transparenten Platte 11 kann dem Querschnitt der Bauplattform entsprechen. Die Abschattungseinrichtung 25 muß nicht als kreisförmige Blende ausgebildet sein, sondern kann auch beispielsweise als Irisblende ausgebildet sein.

In einer weiteren alternativen Ausführungsform ist die Belichtungseinrichtung insgesamt oder die Lichtquelle über eine Höheneinstellvorrichtung in vertikaler Richtung zum Erzeugen einer gewünschten verkleinerten oder vergrößerten Abbildung der Maske verschiebbar. Die Vorrichtung kann ferner auch so betrieben werden, daß der zu verfestigenden Querschnitt des Objektes in einer Schicht in Teilbereiche unterteilt wird und jeweils eine Maske für die Belichtung der Teilbereiche erzeugt wird und der Gesamtquerschnitt durch aufeinanderfolgende Belichtung der Teilbereiche verfestigt wird. Damit lassen sich höchste Auflösungen für Strukturen der Teilbereiche und damit auch für den gesamten Querschnitt des Objektes in einer Schicht erzeugen.

25.06.99

SCHUTZANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes durch schichtweises Verfestigen eines unter Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials an dem Querschnitt des Objektes entsprechenden Stellen in jeder Schicht, mit
einem Behälter (1) zur Aufnahme des Materiales (7),
einem in dem Behälter angeordneten Träger (3, 5) zum Tragen des zu bildenden Objektes (6),
einer Vorrichtung (21) zur Erzeugung der elektromagnetischen Strahlung, und
einer Vorrichtung (22) zum Erzeugen einer Maske zum Hindurchlassen der elektromagnetischen Strahlung auf die zu bestrahlende Schicht an den dem Querschnitt des Objektes in der Schicht entsprechenden Stellen, die in Abhängigkeit von dem Querschnitt des Objektes in der jeweiligen Schicht bestimmenden Daten selektiv ansteuerbar ist,
gekennzeichnet durch
eine in dem Behälter oberhalb des Trägers angeordnete für die elektromagnetische Strahlung transparente Platte (11).
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Träger zugewandte Unterseite der Platte eine Beschichtung aufweist, an der das verfestigte Material nicht anhaftet.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte in einem vorbestimmten Abstand unterhalb des oberen Randes des Behälters in dem Behälter angeordnet ist, so daß sie, wenn der Behälter mit dem Material gefüllt ist, in das Material eintaucht.

25.06.99

10

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche der Platte kleiner ist als die Querschnittsfläche des Trägers.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe und Neigung der Platte (11) einstellbar ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorrichtung (6) zum Auf- und Abbewegen des Trägers (3, 5) in dem Behälter relativ zu der Unterseite der Platte (11) vorgesehen ist und daß eine Steuerung zum definierten Einstellen der Position des Trägers relativ zu der Unterseite der Platte vorgesehen ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Platte (11) in ihrer horizontalen Position relativ zu dem Träger (3) einstellbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung als Lampe ausgebildet ist, die sichtbares Licht erzeugt.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zum Erzeugen einer Maske als Flüssigkristall-Display ausgebildet ist, welches in Abhängigkeit von dem Querschnitt des Objektes entsprechenden Daten ansteuerbar ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung zum Erzeugen einer Maske als digitales Spiegelsystem ausgebildet ist.

25.06.99

1/4

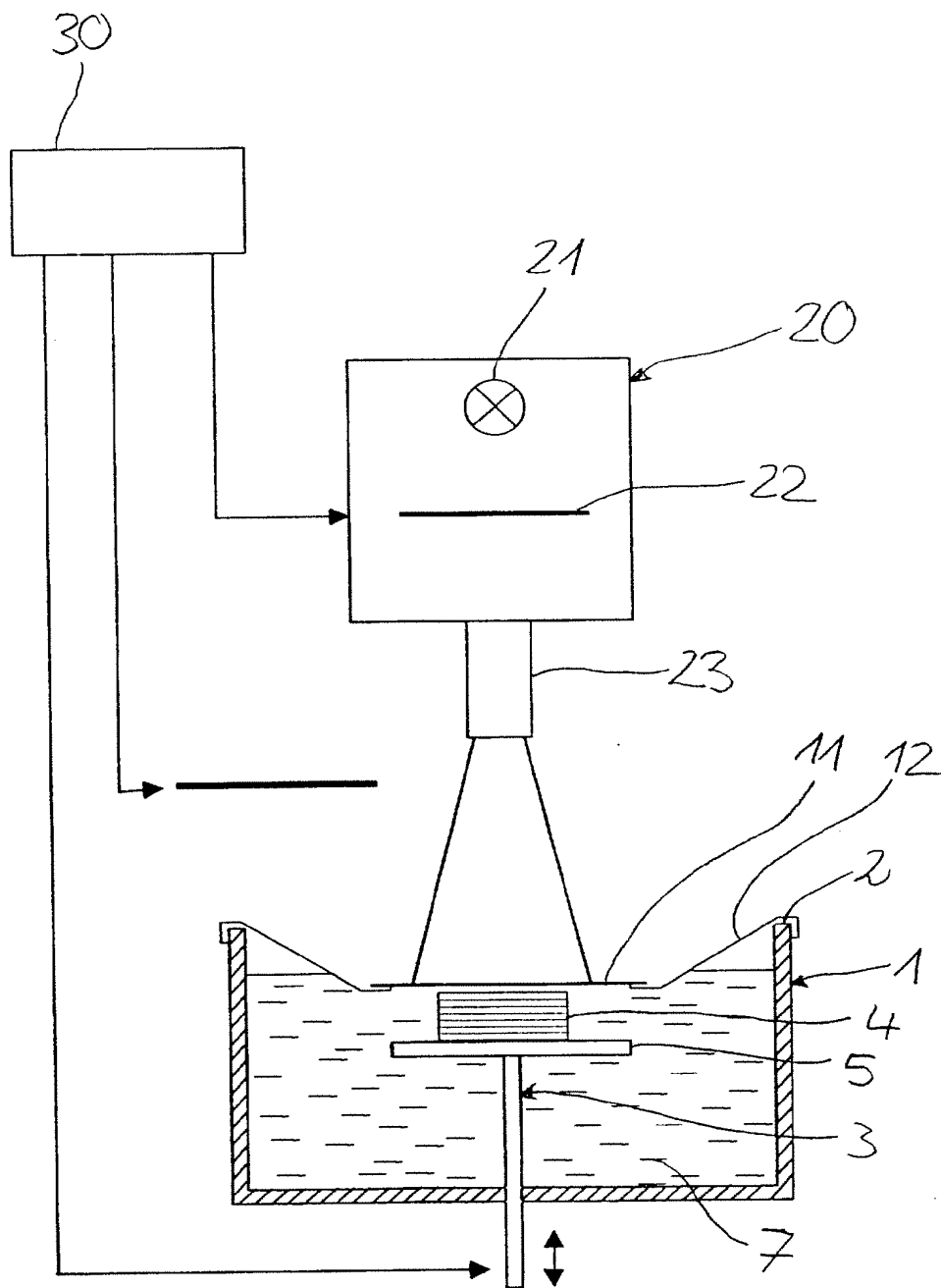


Fig. 1

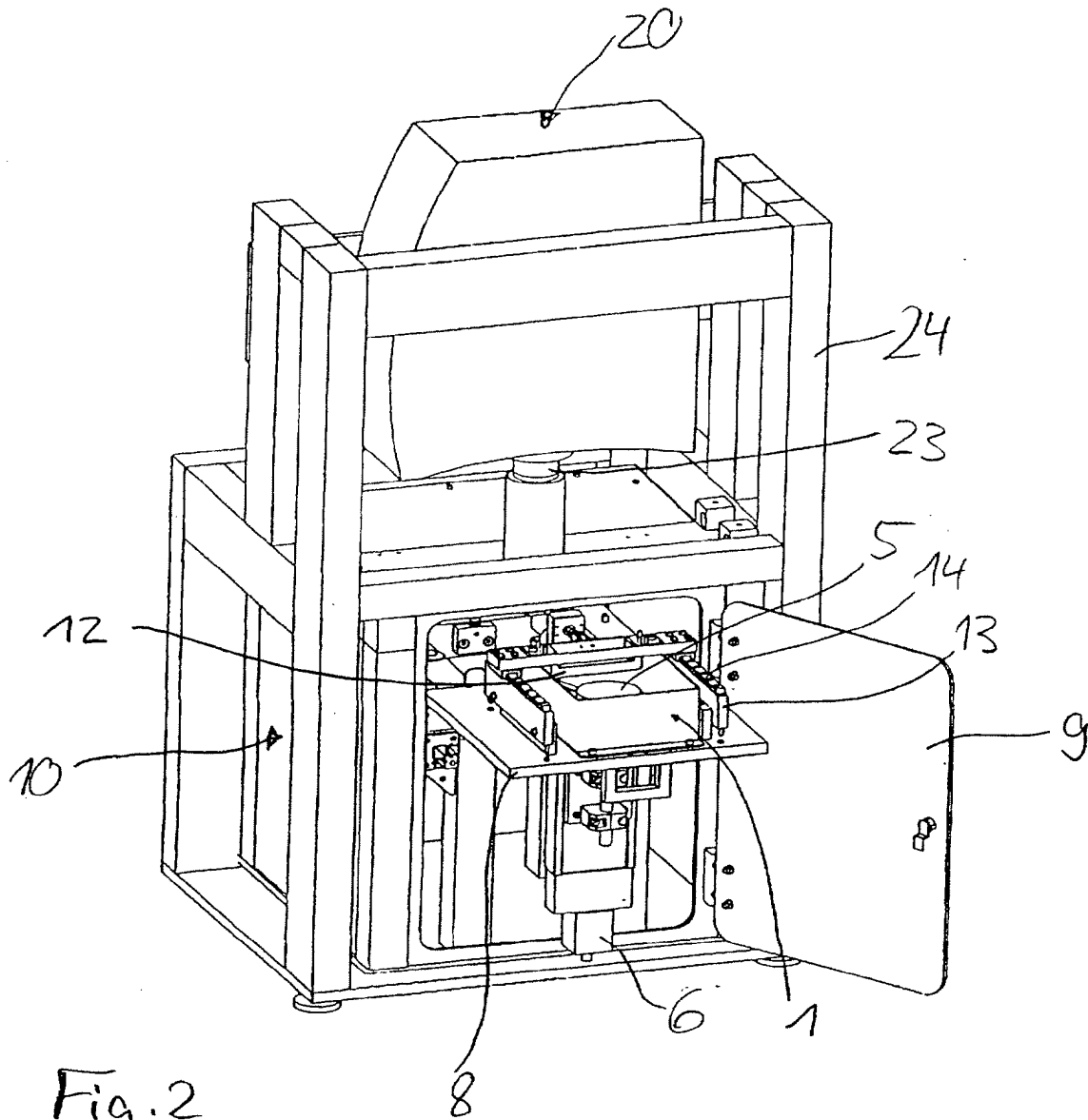
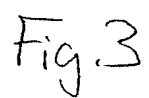


Fig. 2

3/4



25.08.99

4/4

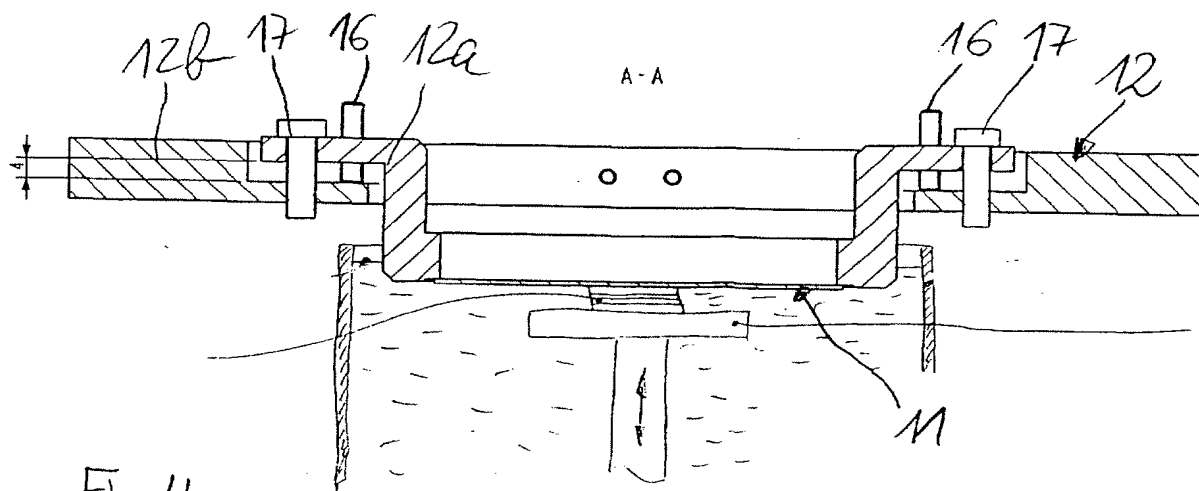


Fig. 4a

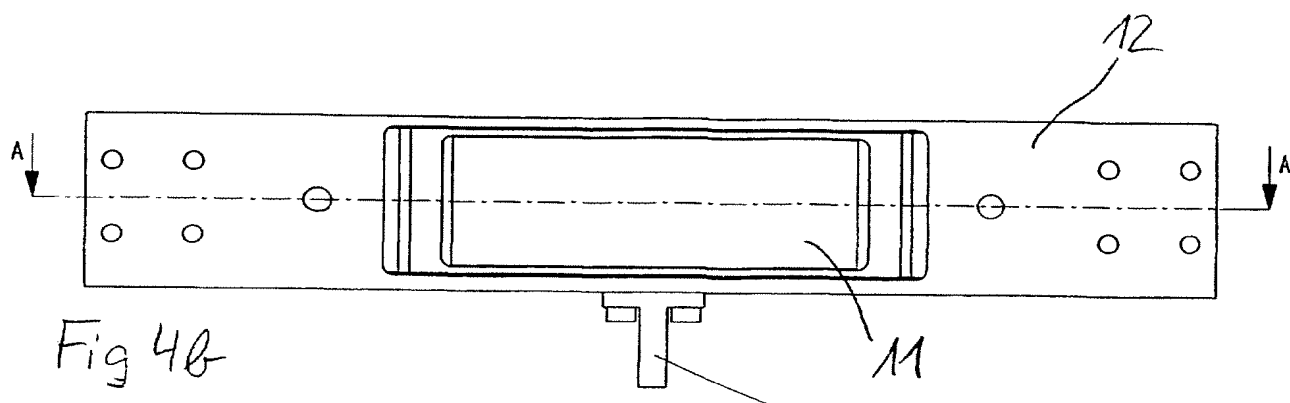


Fig. 4b

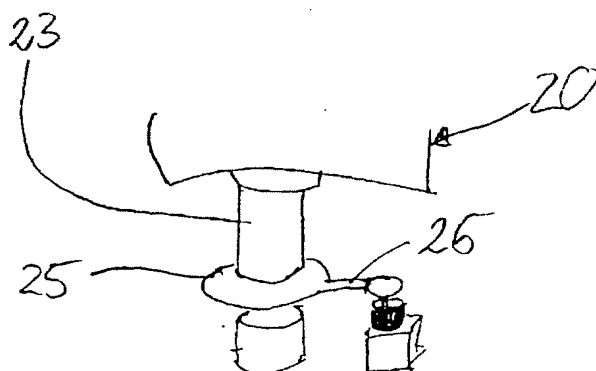


Fig. 5

